

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 07-029544

(43) Date of publication or application : 31.01.1995

(51) Int.CI.

H01J 49/44

H01J 37/26

(21) Application number : 05-193841

(71) Applicant : HITACHI LTD

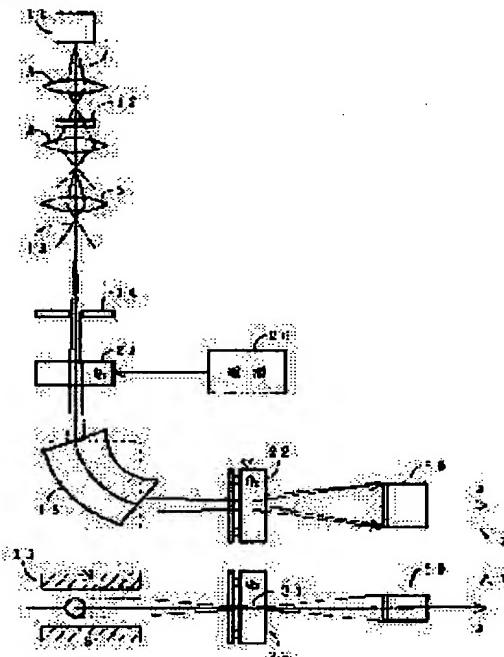
(22) Date of filing : 12.07.1993

(72) Inventor : TAYA TOSHIMICHI

(54) ELECTRONIC ENERGY LOSS SIMULTANEOUS MEASURING DEVICE**(57) Abstract:**

PURPOSE: To enable partially magnified projection of a spectrum over a wide range in simple constitution in an electronic energy loss simultaneous measuring device to measure simultaneously and parallelly the energy spectrum of an electron beam whose energy is lost by nonelastic collision with an atom and a molecule of a sample.

CONSTITUTION: The first lens means 21 to focus an electron beam 1 on a plane detector 50 is arranged between a sample 12 and a fan-shaped magnetic field 15. The second lens means 22 to magnify a dispersing distance of an energy spectrum on the plane detector 50 is arranged at convergent point 31 of the electron beam in the magnetic field direction (y direction) of the sector-shaped magnetic field 15 between the sector-shaped magnetic field 15 and the plane detector 50.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 23.08.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2947440

[Date of registration] 02.07.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開番号

特開平7-29544

(43)公開日 平成7年(1995)1月31日

(51)Int.Cl.^o

H 01 J 49/44
37/26

識別記号

府内整理番号
4230-5E

F 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全7頁)

(21)出願番号 特願平5-193841

(22)出願日 平成5年(1993)7月12日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 田谷 俊陸

茨城県勝田市市毛882番地 株式会社日立
製作所計測器事業部内

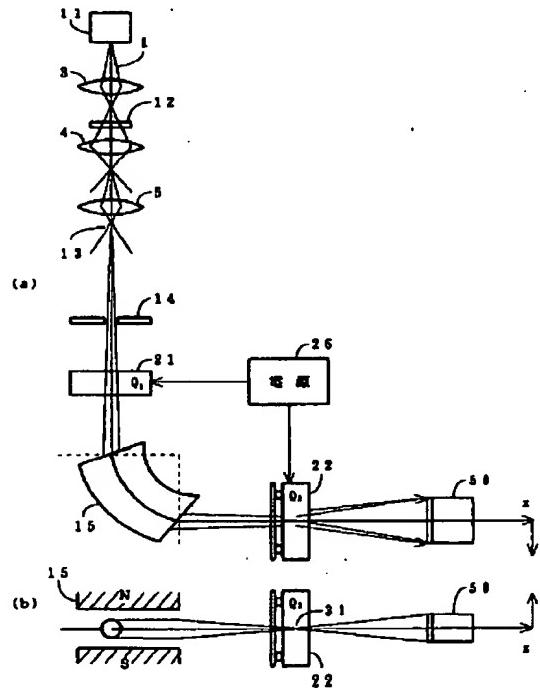
(74)代理人 弁理士 平木 道人

(54)【発明の名称】電子エネルギー損失同時計測装置

(57)【要約】

【目的】試料の原子分子との非弾性衝突によりエネルギーを損失した電子線のエネルギー・スペクトラムを同時に並列的に計測する電子エネルギー損失同時計測装置において、簡単な構成でスペクトラムの部分的な拡大投影を広範囲にわたって行えるようにする。

【構成】試料12と扇形磁場15との間には、電子線1を平面検知器50上でフォーカスさせるための第1のレンズ手段21を設け、扇形磁場15と平面検知器50との間であって扇形磁場15の磁場方向(y方向)に関する電子線の収束点31には、平面検知器50上でのエネルギー・スペクトラムの分散距離を拡大するための第2のレンズ手段22を設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料を透過した電子線を扇形磁場で軌道分離してエネルギー・スペクトラムを形成する電子エネルギー損失同時計測装置において、
試料を透過した電子線に対して垂直な扇形磁場を発生する手段と、
前記扇形磁場によって軌道分離された電子線を検知する手段と、
試料と扇形磁場との間に配置された第1のレンズ手段と、
扇形磁場と検知手段との間であって扇形磁場の磁場方向に関する電子線の収束点に配置された第2のレンズ手段とを具備したことを特徴とする電子エネルギー損失同時計測装置。

【請求項2】 前記第1のレンズ手段は電子線を検知手段上でフォーカスさせ、前記第2のレンズ手段は検知手段上でのエネルギー・スペクトラムの分散距離を拡大することを特徴とする請求項1記載の電子エネルギー損失同時計測装置。

【請求項3】 前記第2のレンズ手段は、電子線の進行方向に沿って微動可能であることを特徴とする請求項1または2記載の電子エネルギー損失同時計測装置。

【請求項4】 第1および第2のレンズ手段のいずれか一方の磁束密度を、他方の磁束密度を関数として自動的に変化させることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の電子エネルギー損失同時計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、電子エネルギー損失同時計測装置に係り、特に、試料を透過した電子線をそのエネルギーに応じて軌道分離し、各エネルギーのスペクトラムを同時かつ並列的に計測できるようにした電子エネルギー損失同時計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 試料を透過する際にその原子分子と非弾性衝突をしてエネルギーの一部を損失した電子線を扇形磁場で偏向して軌道分離し、偏向量の大小に基づいて得られるスペクトラムから原子分子を同定する手法は、一般に電子エネルギー損失分析法 (EELS : ELECTRON ENERGY LOSS SPECTROMETER) と呼ばれている。

【0003】 従来のEELSでは、扇形磁場の強度を連続的に変化(走査)させ、その後段に設けたスリットを通して電子線を電子増倍管で検知してスペクトラムを取っていた。ところが、この方法では細く絞ったスリットを通過した特定のエネルギー帯の電子しか検知できないので分析効率が低いという問題があった。

【0004】 このような問題点を解決するために、例えば米国特許第4174479号では、扇形磁場の強度を一定に保ち、長方形の平面検出器(マイクロチャネルプレートアレイ)を用いて異なるエネルギーを有する電子線

のスペクトラムを同時かつ並列的に計測する、いわゆる電子エネルギー損失同時計測装置 (PEELS : PARALLEL-DETECTION EELS) が提案されている。

【0005】 図8は、上記した従来のPEELSの主要部の構成を模式的に示した図であり、同図(a)は特定のエネルギーを有する電子の軌道を示した図、同図(b)は扇形磁場によって自身のエネルギーに応じて軌道分離された電子線の軌道を示した図、同図(c)は電子銃13側から見込んだ場合の電子線の軌道を示した図である。

【0006】 図示したように、従来のPEELSでは、扇形磁場15と平面検出器50との間に3つの磁場4重極レンズQ1、Q2、Q3が配置される。Q1レンズ21は、同図(c)に示したように扇形磁場15によるy方向(扇形磁場の磁場方向)収束点31に設置され、同図(a)に示したように電子線を平面検出器50上でフォーカスさせるように機能する。Q3レンズ23は、同図(b)に示したように扇形磁場15でx方向に分散されたエネルギー・スペクトラムの平面検出器50上の分散距離を拡大するように機能する。

【0007】 一方、Q2レンズ22はQ1レンズ21とQ3レンズ23との間に設置され、Q3レンズ23によりエネルギー・スペクトラムの分散距離を拡大した場合でもエネルギー・スペクトラムの幅(y方向)が拡散しないようにするため、同図(c)に示したように、Q3レンズ23の中心位置に電子線のy方向収束点32を形成するよう機能する。すなわち、Qレンズの一般的な特性として中心軸(z)付近は磁場が相殺されてレンズ作用を持たないので、レンズQ3の中心位置が電子線のy方向収束点32と一致するようにすれば、レンズQ3のレンズ強度を変化させてエネルギー・スペクトラムの平面検出器50上の分散距離を拡大しても、エネルギー・スペクトラムの幅を一定に保つことが可能になる。

【0008】 このように、エネルギー・スペクトラムの幅を一定に保ったまま分散距離を可変できるようするためには、従来のPEELSでは扇形磁場15と平面検出器50との間に少なくとも3つの4重極レンズQ1、Q2、Q3を設ける必要がある。なお、同図(c)に点線で示したように、Q3レンズ23と平面検出器50との間にレンズ24(Q4)を設ければ、スペクトラムの幅と分散距離とを独立的に制御できるようになる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 上記した従来技術には次のような問題点があった。

(1) エネルギー・スペクトラムの部分的な拡大投影を広範囲にわたって行えるようにするために、分散距離を小さくして広範囲のスペクトラムを同時に計測できるようにする必要があり、このためには試料から扇形磁場までの距離を大きくして縮小系とする必要がある。試料から扇形磁場までの距離を大きくするためには扇形磁場から平面検出器までの距離を小さくする必要があるが、上記

3

した従来技術では少なくとも3個のQレンズを扇形磁場15と平面検知器50との間に設置しなければならないので縮小系にすることが困難であった。

(2) 少なくとも3つのレンズが必要となるために構成や制御が複雑化し、これに伴って装置の大型化や高価格化という問題があった。

【0010】本発明の目的は、上記した従来技術の問題点を解決し、簡単な構成でスペクトラムの部分的な拡大投影を広範囲にわたって行えるようにした電子エネルギー損失同時計測装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明では、試料を透過した電子線を扇形磁場で軌道分離してエネルギー・スペクトラムを形成する電子エネルギー損失同時計測装置において、電子線に対して垂直な扇形磁場を発生する手段と、前記扇形磁場によって軌道分離された電子線を検知する手段と、試料と扇形磁場との間に配置された第1のレンズ手段と、扇形磁場と検知手段との間であって扇形磁場の磁場方向に関する電子線の収束点に配置された第2のレンズ手段とを具備した点に特徴がある。

【0012】

【作用】上記した構成において、第2のレンズ手段がエネルギー分散を大きく変えるズームの役割を果たし、第1のレンズ手段は平面検知器上で電子線をフォーカスさせる役割を果たす。第2のレンズ手段はy方向の収束点にあるので、第2のレンズ手段の励磁量を大きく変えて場の影響は小さく、y方向の像幅の変化も少なくなる。

【0013】

【実施例】図1は、本発明の一実施例である電子エネルギー損失同時計測装置を備えた電子顕微鏡の主要部の概略構成を示した図であり、同図(a)は正面図、同図(b)は同図(a)を電子銃11側から見込んだ図である。同図において前記と同一の符号は同一または同等部分を表しており、本実施例では、扇形磁場15の前後にそれぞれ磁場4重極レンズ21(Q1)、22(Q2)を配置した点に特徴がある。

【0014】図2は、前記Q2レンズ22の拡大図である。Q2レンズ22はレンズ本体部22aと微動機構部22bによって構成され、両者は複数の送りネジ25によって相互に保持されている。微動機構部22bは真空容器27の周囲に固定され、レンズ本体部22aと真空容器27とは固定されていないため、送りネジ25を回動することによりレンズ本体部22aを電子線の進行方向に沿って微動させることができる。

【0015】

このような構成において、電子銃11から*

$$QKM = \pm (eB/QRM)^{1/2} \times (2mU)^{1/4} \quad \dots(1)$$

本発明の場合、速度分散係数Dは0.22から2.45まで変化し、1.114倍のズーム拡大率が得られることがわかる。これに対して同じ規模の配置における従来技術

4

*発散状態で放出された電子線1は集束レンズ3によって集束されて試料12に照射される。試料12を透過した電子線は対物レンズ4によって集束され、さらに結像レンズ5によって点光源13に絞られる。電子線1の一部は絞り14によってビームの拡がりを制限された後にQ1レンズ21、紙面に垂直な磁場空間を形成する扇形磁場15、Q2レンズ22を通過する。扇形磁場15では、電子線1はそのエネルギーに応じて軌道分離され、平面検知器50上に到達してエネルギー・スペクトラムを形成する。Q1レンズ21、Q2レンズ22は電源26によって励磁される。

【0016】Q1レンズ21は、電子線を平面検知器50上でフォーカスするように機能し、Q2レンズ22は、エネルギー・スペクトラムを拡大して平面検知器50上に投影するように機能する。Q2レンズ22は、Q1レンズ21と斜めに入射の扇形磁場15によるy方向の収束点31に配置される。このため、Q2レンズ22の励磁量を大きく変化させてエネルギー・スペクトラムをx方向へ拡大しても、場の影響は小さくエネルギー・スペクトラムのy方向への像幅の変化を小さく抑えることができる。なお、エネルギー損失のスペクトラムを広範囲に計測したい場合には、Q2レンズの場を弱くしてQ1レンズのみでフォーカスさせればよい。

【0017】図5は、図3に具体的に示した構成を有する従来のPEELSと、図4に示した構成を有する本発明を適用したPEELSとの、エネルギー分散のズーム効果のシミュレーション結果を示した図である。なお、ここで用いたシミュレーションには、大阪大学松尾研究室で開発された、質量分析装置のイオン光学系の軌道解析用プログラム『TRIO』を利用した。

【0018】図5の横軸QKMは、分散のズーム可変の役割を果たすQZレンズの場の定数であり、従来技術ではQ3レンズ、本実施例ではQ2レンズに相当する。また、縦軸は速度分散係数Dを表し、エネルギー分散係数の0.5倍に相当する。この値の変化が大きいほど分散のズーム効果が高いといえる。なお、平面検知器50上へのフォーカスは共にQ1レンズ(以下、Qfレンズと表現する場合もある)が分担し、その値は前記ズーム用Qzレンズの値に比例する。

【0019】Qレンズの場の定数QKMは上記『TRIO』によると次式で表される。ここで、eは電子の電荷、Bは4重極レンズの磁束密度、QRMは4重極間の内接円の半径、mは電子の質量、Uは電子の加速電圧を表している。

【0020】

$$QKM = \pm (eB/QRM)^{1/2} \times (2mU)^{1/4} \quad \dots(1)$$

の場合、速度分散係数Dは3.0から1.30まで変化し、ズーム拡大率は4.3倍に過ぎないことがわかる。

【0021】図6は、ズーム用QZレンズの場の定数Q

5

KMとy方向収差係数Bとの関係を示した図である。本実施例では従来技術の場合とほぼ同じ程度の範囲 ($-1 < B < 1$) で変化している。ただし、y方向収差係数Bをこの範囲に留めるにはQ2レンズの位置が微妙に影響するので、前記図2に関して説明したように、電子線の進行方向 (z) に沿ってQ2レンズの位置を微動調整する機構を設けることが望ましい。

【0022】 図7は、本実施例および従来技術でのズーム用レンズQzとフォーカス用レンズQfとのQ KMの相関関係を示した図であり、本実施例でも従来技術と同様に両者の間には比例関係が成立し、その場の強さは従来技術に比べて $1/4$ 程度小さい値ですむことがわかる。したがって、上記相関関係をメモリ等の適宜の記憶手段に記憶しておけば、ズーム用レンズQzおよびフォーカス用レンズQfのいずれか一方を手動制御すると、これに応じて他方の励磁量が自動的に制御されるようになることができる。

【0023】

【発明の効果】 上記したように、本発明によれば次のような効果が達成される。

(1) エネルギ・スペクトラムを形成するためのQレンズを2つにすることができるので、構成や制御が簡単化する。また、扇形磁場と平面検知器との距離を短くすることができるので、その分だけ試料から扇形磁場までの距離を大きくして縮小系とすることができます、スペクトラムの部分的な拡大投影を広範囲にわたって行えるようになる。

(2) 分散の最大値が約2倍向上し、最低値が7%まで低

減するので、ズーム拡大率を従来より26倍向上させることができる。

(3) ズーム拡大率が大幅に向上了したにもかかわらずスペクトラムの像幅の変化は従来と同等に抑えることができるので検出感度が低下することがない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例である電子エネルギー損失同時計測装置の光学系の構成を示した図である。

【図2】 微動機構を備えた磁場4重極レンズの一例を示した図である。

【図3】 従来の電子エネルギー損失同時計測装置の光学系の具体的構成を示した図である。

【図4】 本発明を適用した電子エネルギー損失同時計測装置の光学系の具体的構成を示した図である。

【図5】 分散ズーム効果のシミュレーション結果を示した図である。

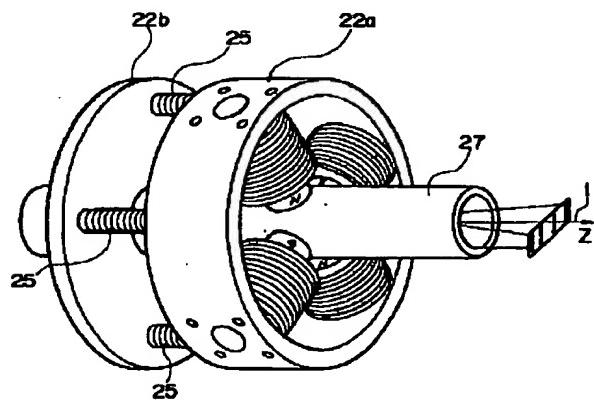
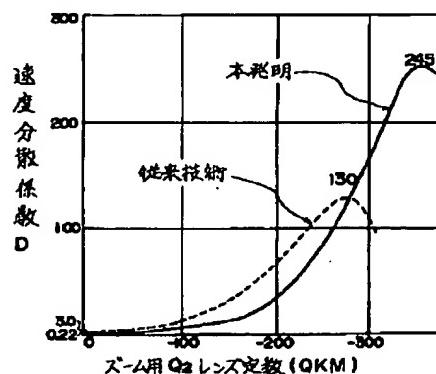
【図6】 本発明と従来技術とのy方向収差係数Bの変化を比較した図である。

【図7】 ズーム用Qzレンズとフォーカス用Qfレンズとの励磁量の相関関係を示した図である。

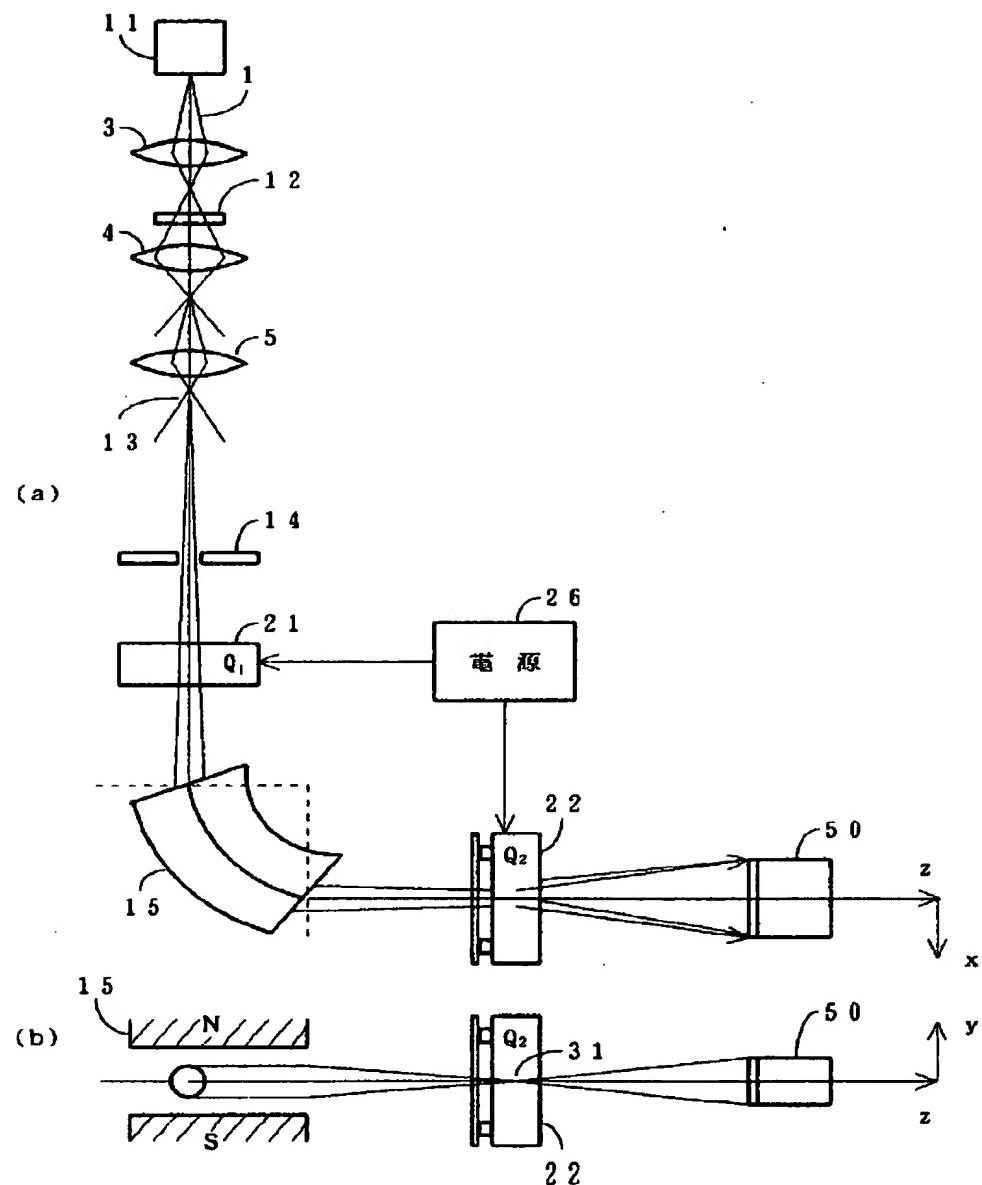
【図8】 従来技術の基本構成を説明するための図である。

【符号の説明】

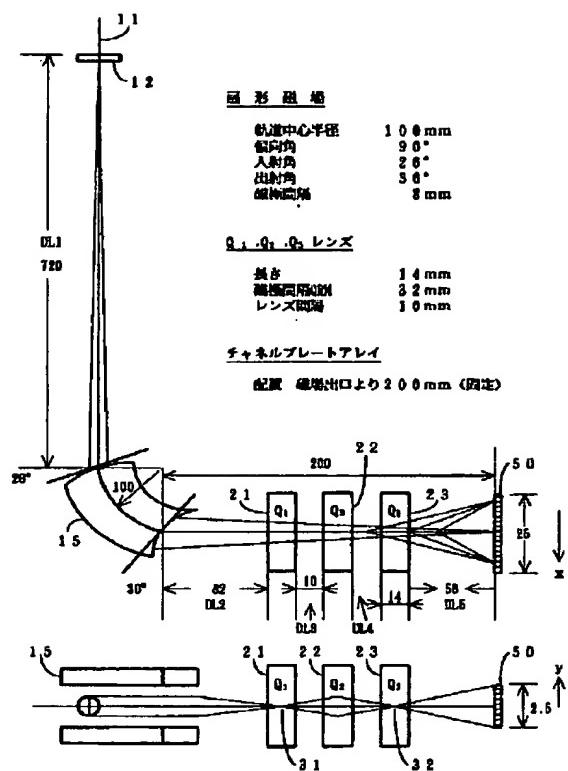
11…電子銃、12…試料、14…絞り、15…斜め入射扇形磁場、21…磁場4重極(Q1)レンズ、22…Q2レンズ、23…Q3レンズ、24…Q4レンズ、25…送りねじ、26…Qレンズ制御電源、27…真空容器、31、32…y方向収束点、50…平面検知器

【図2】**【図5】**

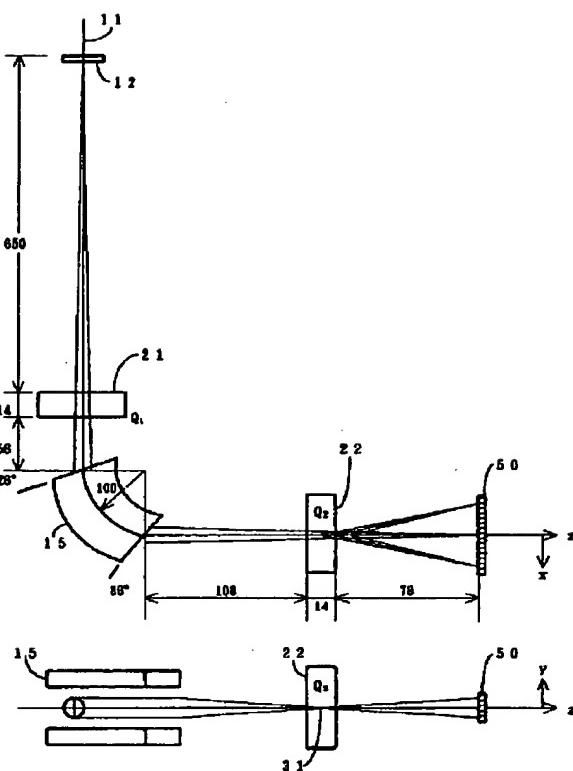
【図1】



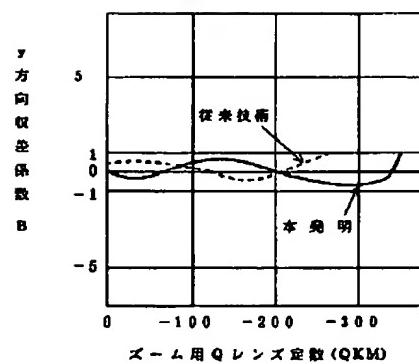
【図3】



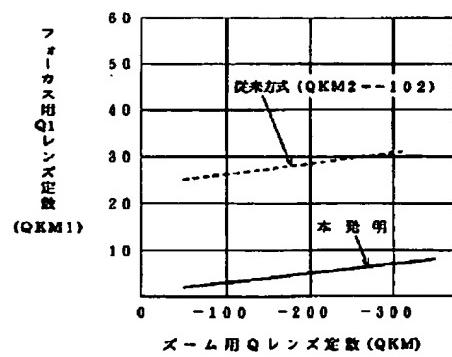
【図4】



【図6】



【図7】



【図8】

